

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 66.048.5:553.7

УМАРТАЕВ АКМАЛЖОН МАХАМАДОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА
КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СОЛЕЙ ПОДЗЕМНЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД**

05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент – 2011

Работа выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Абу Райхана Беруни

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Норкулова Карима Тухтабаевна

Официальные оппоненты:

д.т.н., проф. Маннанов Улугбек Васикович,
д.т.н., проф. Агзамходжаев Анварходжа Атаходжаевич

Ведущая организация: «Узкимёмашзавод» АОО

Защита состоится " ____ " _____ 201_ г. в ____ часов
на заседании объединенного специализированного совета Д 067.24.03 при
Ташкентском химико-технологическом институте (Ташкент, ул. Навои, 32)

С диссертацией можно ознакомиться в Центре информационных
ресурсов Ташкентского химико-технологического института.

Автореферат разослан " ____ " _____ 2011 г.

Ученый секретарь объединенного
специализированного совета,
доктор технических наук

Додаев К.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. На современном этапе развития народного хозяйства Республики Узбекистан особое внимание уделяется реализации прогрессивных технологий, в том числе и переработке жидких подземных минеральных ресурсов. Подземные минеральные воды, особенно самоизливающиеся, используются до настоящего времени в санаториях РУз только в физиотерапевтических целях. Помимо самоизливающихся источников попутные воды нефтяных и газовых скважин выносятся и сбрасываются без переработки. Так, например, по данным Государственного Комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан, запасы йода в попутных водах Сурхандарьинского артезианского бассейна составляют 13,3 т/год, Ферганского бассейна – 12 т/год.

Переработка минеральных вод с сохранением ингредиентов (например, йода, биологически активных и полезных веществ) и использование их в отраслях народного хозяйства является актуальной задачей. Важное значение имеет то, что процесс обработки жидких сред является безотходным: конечными продуктами переработки выступают концентрированные подземные минеральные воды и пресная вода. Существующие - технологии позволяют концентрировать минеральные воды и **соки** в местах их производства, а создание гибких автоматизированных производственных систем и установок на основе универсального подхода к переработке дают возможность минимизировать потери продуктов и экономить энергоресурсы.

Степень изученности проблемы. Поставленные задачи могут быть решены на основе аналитических и экспериментальных исследований и проверки в производственных условиях полученных результатов.

До последнего времени переработка подземных минеральных вод путем концентрирования практически не использовалась в связи с образованием накипи в технологическом оборудовании и дорогостоящей процесса выпаривания. Анализ научно-технической литературы в области выпаривания соленых сред и концентрирования растворов свидетельствует о существовании и использовании различных аппаратов и технологических режимов для достижения цели.

Анализ литературных источников и аналитические исследования показали, что это – не предел в совершенствовании технологии: концентрирование жидких сред в вакууме на основе использования энерго- и ресурсосберегающей технологии улучшает процесс обезвоживания и интенсифицирует явления тепломассообмена. Применение новых технологий концентрирования жидких сред позволяет получать также и плодоовощную продукцию с максимальным сохранением качества конечной продукции, а поиск новых решений – расширит возможности этих технологий.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического

университета, включенных в государственные научно-технические программы Республики Узбекистан. В частности, в 2006-2008 гг. с непосредственным участием автора в качестве исполнителя выполнялись: ГНТП-7 А-7-436 «Разработка опытно-промышленных образцов опреснителей малой мощности производительностью до 5 т в сутки». В 2008-2009 годах выполнялся инновационный проект И-8-18 «Выпуск йодо-бромных концентратов на основе переработки геотермальных вод».

Цель исследования. Изучение процесса концентрирования подземных минеральных вод и разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии переработки продукции.

Задачи исследования. Для достижения основной цели в диссертационной работе ставится и решается следующий комплекс задач:

– анализ современного состояния технологии концентрирования (концентрирование жидких сред и опреснение соленых вод);

– исследование процесса концентрирования минеральной воды, анализ линейной и нелинейной зависимостей;

– усовершенствование теплообменных устройств для обработки жидких сред;

– получение новых веществ с направленными свойствами и характеристиками.

Объект и предмет исследования. В качестве объектов исследования рассматриваются подземные минеральные воды, содержащие эссенциальные микроэлементы, которые в результате переработки используются как добавки в функциональные продукты.

Предметом исследования является исследование и оптимизация технологии концентрирования подземных минеральных вод и ее рациональное аппаратное оформление.

Методы исследования: Аналитические и экспериментальные методы исследования процессов обезвоживания, математическое моделирование и оптимизация технологических процессов концентрирования.

Гипотеза исследования. Направленное улучшение качества жидких продуктов пищевой промышленности получение функциональных продуктов на основе местного сырья и привлечением новых технологий.

Основные положения, выносимые на защиту:

– результаты экспериментального исследования процесса концентрирования минеральных вод;

– новые усовершенствованные элементы техники вакуум-выпаривания: бароконденсатор и теплообменник;

– способы использования полученных концентратов минеральных вод в бальнеологии;

– результаты работ по получению искусственной минерализованной воды, обогащенной йодом и другими микро- и макрокомпонентами.

Научная новизна:

- предложена новая технология концентрирования солей самоизливающихся минеральных вод;
- получены и подтверждены экспериментами теоретические результаты, касающиеся закономерностей роста кристаллов в процессе концентрирования;
- разработан новый тип контактного теплообменного устройства для обработки жидких сред, соответствующего требованиям экологии и энерго- и ресурсосберегающей технологии;
- разработан новый тип бароконденсатора для ускорения процесса тепломассообмена;
- предложено использовать полученные концентраты минеральных вод в бальнеологии, для обеззараживания вод, при розливе питьевых вод и консервировании.

Научная и практическая значимость результатов исследования:

- получены концентраты минеральных вод с использованием новых энерго- и ресурсосберегающих технологий;
- обосновано целесообразность использования теплообменного устройства в пищевой, химической промышленности и в отраслях агропромышленного комплекса при обработке жидких веществ, а также в установках, оснащенных теплообменными контактными устройствами (в частности, в установках для выпаривания);
- показано что, концентраты минеральных солей обеспечивают возможность получения в промышленных масштабах определенных обогащенных групп химических элементов;
- обосновано возможность использования полученных концентратов минеральных солей в практике бальнеологии, для обеззараживания вод, розливе питьевых вод, при консервировании;
- предложены малые установки концентрирования минеральных вод.

Реализация результатов. Аналитические исследования процессов концентрирования жидкостей, расслоения и кристаллизации вблизи точек насыщения растворов позволили прояснить картину появления центров роста кристаллов в выпарной системе. Показано, что относительно низкая температура и непрерывное перемешивание частиц жидкости за счет искусственной циркуляции и движения раствора по замкнутому циклу, появления микро-пузырьков увеличивают подвижность жидкости, снижают вероятность образования накипи. Эти предпосылки удалось проверить на экспериментальном оборудовании ТУЗ-2 в г. Чартаке. На территории санатория «Чартак» Чартакского района Наманганской области получена высококонцентрированная вода, содержащая до 450 г/л минералов, которая в настоящее время под маркой «Йод-шифо» используется для бальнеологических целей. Кроме того, ведутся работы по добавлению концентратов в пищевую продукцию в качестве биологически активных добавок (БАД). Контактное теплообменное устройство предложено к использованию в новых системах концентрирования минеральных вод.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрение на следующих международных и республиканских конференциях: Международная конференция «XX th centry in the History of Central Asia», “Topical Problems of Natural Sciences Today” (Tashkent, August 13-14, 2004), вторая международная конференция Кореической Ассоциации Управления, The Social Science Institute of Yeungnam University and Istedod Foundation of the President of the Republic of Uzbekistan (Корея, 2004), Республиканская научно-практическая конференция «Техносфера, человек и микроэлементы» (Ташкент, 2004), Международная научная конференция «Актуальные проблемы механики и машиностроения» (Алматы, Казахстан, 2005), Международные научно-практические конференции «Инновация – 2005 ÷ 2009» (Ташкент, 2005-2009), Республиканская научно-техническая конференция «Новые технологии получения композиционных материалов на основе местного сырья и их применение в производстве» (Ташкент, 2005), VII, IX Международный Форум «Высокие технологии XXI века» (Москва, 2006, 2008), Международная научно-техническая конференция «Современное состояние и перспективы развития энергетики» (Ташкент, 2006), Республиканская научно-техническая конференция «Интеграция образования науки и производства в машиностроительной отрасли» (Ташкент, 2006), Первая Республиканская научно-техническая конференция «Современные машины и агрегаты химической промышленности» (Ташкент, 2006). Республиканская научно-практическая конференция «Экологически чистые ресурсосберегающие технологии выращивания, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (Ташкент, 2009).

Опубликованность результатов. Основное содержание диссертации изложено в 29 работах, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах и в тезисах докладов на республиканских и международных конференциях. Получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения. Основное содержание диссертации изложено на 121 стр., включающих 20 рисунков и 5 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, отражены новизна, научная и практическая значимость работы, изложено состояние реализации и апробации результатов диссертации.

В первой главе приведен анализ вопросов концентрирования жидких сред и разделения ее на фракции.

Рассмотрены выпарные аппараты, служащие для концентрирования жидких сред путем выпаривания. Эти аппараты в зависимости от давления P разделены на: открытые и вакуум-выпарные установки (ВВУ), работающие при давлении ниже атмосферного. По количеству повторения процесса выпаривания в линии концентрирования аппараты классифицированы как одно- и многокорпусные.

Рассмотрены наиболее распространенные в стране и за рубежом модели выпарных аппаратов. Перечисляются преимущества и недостатки выпарных аппаратов и установок, их энергопотребление, функциональная значимость. Рассмотрено устройство однокорпусной выпарной вакуумной установки и раскрыто предназначение отдельных узлов. Показана важность работы бароконденсатора для всей системы и увеличение коэффициента полезного действия ВВУ. Отмечены преимущества ВВУ перед аппаратами открытого типа. Показано, что они отличаются, во-первых, низкой температурой обработки, позволяющий сохранить качество пищевых продуктов, уменьшить или исключить коагуляцию белков, распад пектиновых веществ, карамелизацию сахаров и другие нежелательные физико-химические процессы. Во - вторых, если в качестве греющего агента используется пар, то его можно употребить вторично.

Выполнен анализ выпарных аппаратов различных типов. Рассмотрены аппараты для концентрирования молока и соков, а также устройство тепловых насосов в одно- и многокорпусных выпарных аппаратах. Приведены существующие и наиболее популярные ВВУ - пленочные, модульные для концентрирования жидких пищевых продуктов. Сделан вывод, что метод концентрирования при низких температурах и давлениях является наилучшим и его дальнейшая модернизация составляет предмет одной из задач диссертационной работы.

Вопросы концентрирования минеральных вод и опреснения воды – две стороны одной проблемы – разделения жидких смесей на отличающиеся по составу фракции. Рассмотрены способы концентрирования соленых (солесодержание более 10 г/л), солоноватых (12 – 10 г/л), океанических, морских и подземных вод. Также проанализированы способы опреснения и дистилляции воды.

Обсуждены вопросы сбережения энергии и сохранения качества конечной продукции по ходу концентрирования. Выявлены способы борьбы с отложениями загрязнений в ВВУ и методы увеличения сроков службы теплообменников.

Во второй главе обсуждаются результаты теоретического и экспериментального исследования процессов концентрирования минеральных вод.

Рассмотрены вопросы появления пузырьков. Частота генерируемого звука ν определяется величиной, обратной времени: $\nu \sim \tau^{-1}$.

В вертикальных теплообменниках, благодаря существованию вертикального потока жидкости, совпадающего с направлением ускорения жидкости, происходит более ранний отрыв пузырьков, и шумовая частота ν^T больше 100 Гц . Масса воды, равная m , устремляется внутрь лопающегося пузырька к верхнему слою $m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho^{\text{воды}}$:

$$m a_n = S \Delta p, \quad S = 4 \pi r^2, \quad r = r(t), \quad (1)$$

где a_n - ускорение частиц воды у границы пузырька; Δp - разность давлений на границе раздела фаз;

$$a_n = r_0 / T^2,$$

T - время схлопывания пузырька.

Отсюда

$$\rho^{\text{воды}} \cdot \frac{r_0^3}{T^3} = \Delta p \quad \text{и} \quad T = r_0 \sqrt{\frac{\rho^{\text{воды}}}{\Delta p}}. \quad (2)$$

При $\Delta p = 10^3 \text{ Па}$ время схлопывания составляет $T = 10^{-3} \text{ с}$ и частота возникающего шума $\nu = 10^3 \text{ Гц}$.

Таким образом, можно заключить: в вакуумной камере, когда существует низкое давление и жидкость закипает при более низких температурах, чем при атмосферном давлении, в кипящей жидкости пузырьки создают акустические волны частотой порядка тысяч Гц , которые ускоряют процесс выпаривания, а также препятствуют возникновению накипи на стенках теплообменника и камеры.

Изучен рост кристаллов в концентрируемых жидкостях. Для кристаллов кубической формы изменение толщины dh кристаллической поверхности S рост кристаллов $da = dh / S$ за время t для единичного объема жидкости A получено

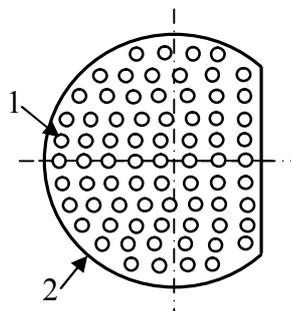
$$\frac{da}{dt} = \frac{2}{3n_0} \gamma \left[\frac{1 - \frac{\rho}{A} Na^3 \frac{1}{n_0}}{1 - \frac{q}{A} t} \right],$$

где q - постоянная величина, определяющая количество испаренной влаги, n_0 - начальная концентрация соли в жидкости, ρ - плотность соли, γ - скорость растворения соли, N - среднее число частиц в объеме.

При малых концентрациях солей линейная теория роста кристаллов справедлива, но по мере увеличения концентрации солей, снижается темп роста, зависимость становится нелинейной.

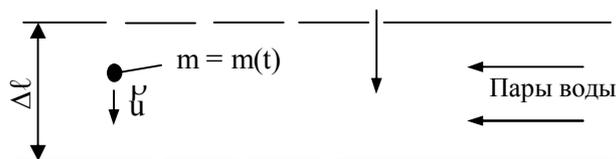
Приведены результаты расчетов отдельных узлов и всей системы мини-установок по концентрированию минеральных вод.

Приведен расчет размеров тарелок бароконденсатора (рис.1).



1- отверстия, 2 - край тарелки.

Рис. 1. Перфорированная тарелка.



1, 2- положение тарелки бароконденсатора

Рис.2. Схема работы тарелок бароконденсатора.

Скорость капли u между тарелками на расстоянии Δl (рис.2) и его рост за время t зависят от коэффициента роста массы β :

$$u = gt - \beta \left\{ gt + \frac{gt^2}{2} \right\}. \quad (3)$$

Для свободного падения

$$\Delta \lambda = \frac{gt^2}{2} - \beta \left\{ \frac{gt^2}{2} + \frac{gt^3}{6} \right\}. \quad (4)$$

При $\beta \rightarrow 0$, $\Delta \lambda = \frac{gt^2}{2}$. Отсюда при $\Delta \lambda = 0,2$ м имеем:

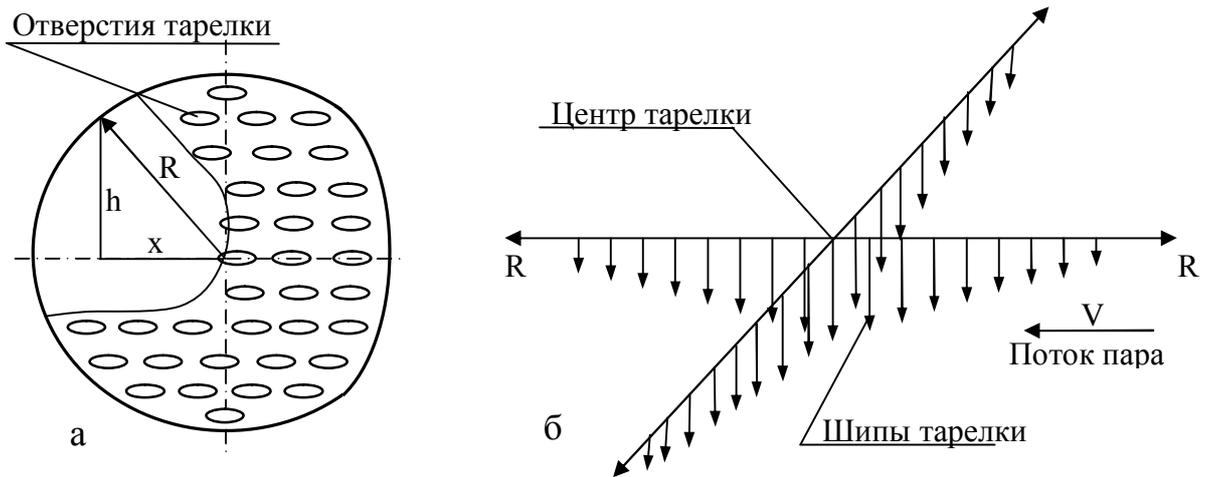
$$t = \sqrt{\frac{2\Delta \lambda}{g}} \approx 0,2 \text{ с.}$$

При времени прохождения 0,2 с через 8 слоев пластинок вода проходит за 1,6 с и при подаче охлаждающей воды $q = (2,3) \text{ л/с}$ объемом воды внутри

конденсатора $\sim 3,7$ л. Формула для определения оптимальной общей площади отверстий в тарелках:

$$S^D = q \sqrt{\frac{2}{\Delta \lambda g}}. \quad (5)$$

Для нашего конкретного случая $S^D = 23 \text{ см}^2$. Исследована форма тарелок бароконденсатора. Обычная форма тарелки – обрезной круг по хорде. Она изготовлена по форме заменой хорды окружностью с большой крутизной. Форма щелей выполнена некруглой а эллипсоидальной (рис. 3).



R - радиус тарелки

Рис.3. Расположение отверстий (а) и шипов (б) на тарелке.

В усовершенствованном бароконденсаторе помимо этого, была изменена нижняя поверхность тарелки. С целью увеличения тепломассообмена установлено множество шипов в нижней плоскости тарелок (рис.3. б.).

Известно, что скорость паров воды достигает своих минимальных значений в центре тарелки. Если принять за x -расстояние от центра тарелки ($x=0$) до шипа (на краю $x=R$), то длина шипов L и плоскость могут быть смоделированы функцией $L = f(\sqrt{1 - (x/R)^2})$, где L - максимальная длина шипов.

Шипы, чтобы не образовали больших гидродинамических сопротивлений, с одной стороны, и, с другой, максимально увеличивали бы тепломассообмен, были выполнены плоскими, и эти плоскости параллельны по отношению к направлению движения паров. Форма конца шипов была рассчитана из условий отрыва каплей $mg > F$, где m - масса капли, g - ускорение свободного падения; F - сила капиллярного натяжения.

При увеличении силы тяжести по сравнению с силами капиллярных противостоящих сил происходит отрыв капли. Если к тому же имеется давление жидкости, направленное сверху вниз, то эта зависимость усложняется. При первых приблизительных описаниях этих условий

вытекает, что концы шипов должны иметь острые формы, поскольку капиллярная противодействующая сила описывается как $F = \alpha 2\pi R$, где α - коэффициент поверхностного натяжения, R - радиус цилиндрического конца шипов. Из этих предположений шипы были выполнены с острыми длинными концами. В работе получено подтверждение правильности выбора.

В диссертации формализованы процессы воздействия вибрации на испаряемую жидкость и создаваемого волнения. Для одномерного случая имеем:

$$f = x_1 \sin k_1 x + x_2 \sin k_2 x, \quad (6)$$

где x_1 и x_2 - амплитуды колебаний поверхности жидкости; k_1 и k_2 - волновые числа поверхностного волнения.

Вычислением дуги

$$L = \int_0^x \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx'$$

определены площади $S = Ly$ при ширине y .

Для оценки соотношений эффективности испарения

$$\frac{S_1}{S_0} = \frac{\int_0^x \sqrt{1 + [f_1'(x)]^2} dx'}{x} \quad (7)$$

от волновых чисел переходим к исчислению длин волн

$$f = x_1 \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda_1} x + x_2 \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda_2} x. \quad (8)$$

Для частных случаев: $x_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $x_2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, $\lambda_1 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $\lambda_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\frac{S_1}{S_0} = 1,4$; $\frac{S_2}{S_0} = 1,3$; $\frac{S}{S_0} = 1,8$.

Колебания поверхности жидкости усиливают процесс испарения.

Предложено теплообменное устройство для обработки жидких сред. Контактное теплообменное устройство (рис.4) для обработки растворов содержит: цилиндрический корпус (1); патрубки для подвода (2) и отвода (3) обрабатываемой жидкости; теплообменную камеру (4); вертикальные параллельно расположенные теплообменные трубы (5); трубу кольцевой формы (6) для ввода теплоносителя в межтрубное пространство; трубу кольцевой формы (7) для отвода теплоносителя из теплообменной камеры; патрубков для подвода теплоносителя (8); патрубков для отвода теплоносителя (9), расположенный с противоположной стороны по отношению к патрубку (8); распределители (10), (11), закрепленные на трубе подвода теплоносителя; распределители (12), (13), закрепленные на трубе отвода теплоносителя. Распределители (13), (11) выполнены с увеличенным поперечным сечением; отверстия (14) расположены у основания распределителей, закрепленных на трубе ввода теплоносителя; отверстия (15) расположены у основания распределителей, закрепленных на трубе отвода теплоносителя.

Теплообменное устройство проявляет свою эффективность при использовании горячей воды в качестве теплоносителя, применяемого для обработки жидкостей.

Предложенное контактное теплообменное устройство выполнено в соответствии с требованиями охраны окружающей среды и энергосбережения.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований сформулирован ряд конкретных предложений по использованию возобновляемых источников энергии в задачах обезвоживания минеральных вод.

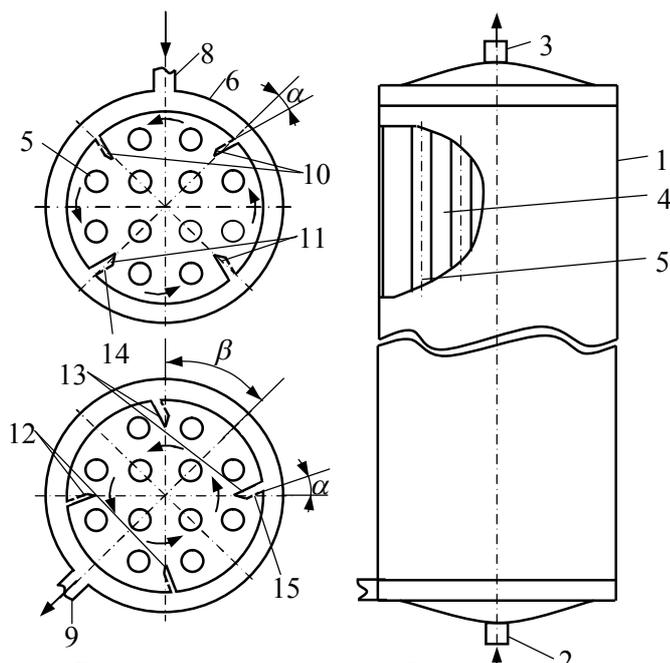


Рис.4. Контактное теплообменное устройство.

Применение в теплообменнике местного сырья (войлока) в качестве теплоизолятора обеспечило снижение энергопотерь в среднем на 16 %. Предложен вариант опреснителя с использованием энергии солнечного излучения.

В работе рассмотрены вопросы использования геотермальных вод в бальнеологии и технологии питания. Предложено полученные концентраты использовать для обеззараживания вод, в розливе питьевых вод и консервировании.

Третья глава посвящена вопросам экспериментального изучения процесса концентрирования минеральных вод. По результатам исследований найдены оптимальные режимы этих процессов.

Приведены экспериментальные данные изменения параметров V, n , в процессе выпаривания (рис. 5).

Выполнен анализ существующих способов переработки «жидкой руды» и обоснован способ концентрирования минеральных вод.

Природную минеральную воду из скважины № 2 на территории санатория «Чартак» с общей минерализацией 50- 60 г/дм³, содержанием йода 20-25 мг/дм³,

брома 12-18 мг/дм³ концентрируют в вакуум-выпарном аппарате ВВУ-250 при загрузке 0,750 т. Минерализованную воду выпаривают в течение трех часов при температуре теплоносителя (горячей воды) около 80°C и давлении - 0,75 атм. Осуществляется 15-ти кратное выпаривание. Полученный высококонцентрированный рассол (концентрат или рапу) отделяют и накапливают в емкости для охлаждения. Концентрат расфасовывают в чисто вымытые ПЭТФ-бутылки. Упакованный продукт (рапу) в удобной для транспортировки и хранения форме направляют потребителю.

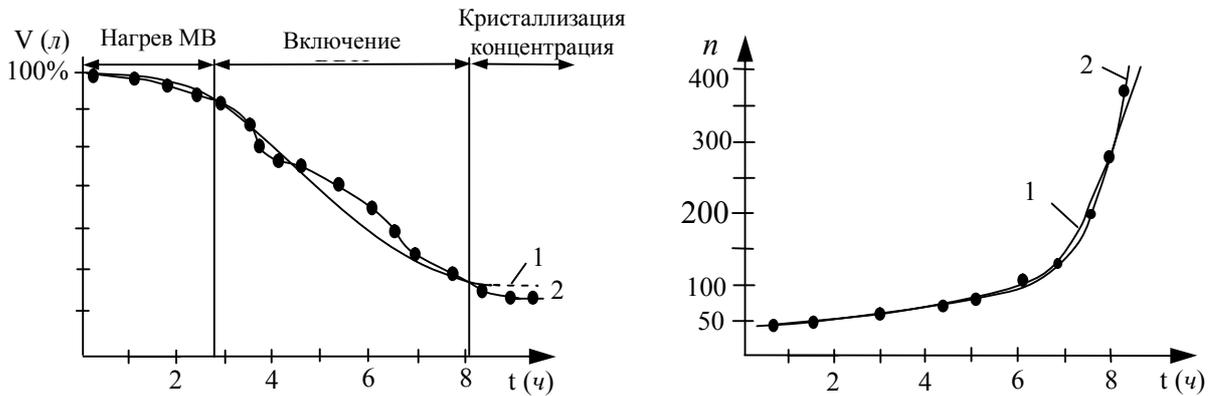


Рис. 5. Сопоставление теоретических (1) и экспериментальных (2) кривых изменения V и n в процессе концентрирования.

Исследованиями показано, что свойства концентрированной воды при длительном хранении и транспортировке не меняются.

Химический анализ концентрированной воды, выполненный в гидрохимлаборатории ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», показал, что минерализация воды увеличена до 450 000 мг/дм³; при этом содержание йода достигает 450 - 550 мг/дм³, а брома - 300 мг/дм³ (табл. 1).

Таблица 1

Результаты химического анализа концентрированных и других вод

Состав (катионы+ и анионы-) и показатели исследуемых вод	Высококонцентрированная геотермальная вода (Санаторий Чартак)	Термальна минеральная «Ташкентская» вода	Водопроводная вода
Na ⁺	28670 мг/ дм ³	205 мг/ дм ³	4 мг/ дм ³
K ⁺	14077 мг/ дм ³	6 мг/ дм ³	1 мг/ дм ³
Ca ²⁺	71600 мг/ дм ³	76 мг/ дм ³	30 мг/ дм ³
Mg ²⁺	31008 мг/ дм ³	22 мг/ дм ³	13 мг/ дм ³
Fe ²⁺	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен
Fe ³⁺	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен
HCO ₃ ⁻	71 мг/ дм ³	403 мг/ дм ³	122 мг/ дм ³
SO ₄ ²⁻	103 мг/ дм ³	142 мг/ дм ³	31 мг/ дм ³
Cl ⁻	290 249 мг/ дм ³	177 мг/ дм ³	5 мг/ дм ³
I ⁻	472 мг/ дм ³	не обнаружен	не обнаружен
Br ⁻	321 мг/ дм ³	не обнаружен	не обнаружен
Жесткость / pH	8 400 (общ)/ 4,78	5,5 /5,4	
CO ₂ (свобод)	638	газир.	
Сухой остаток	452 600 мг/ дм ³	900 мг/ дм ³	

Полученный концентрат даёт возможность расширения ассортимента производства новых йодосодержащих продуктов. По результатам исследований можно судить, что в зависимости от концентрации при добавлении воды можно воспроизводить аналог минеральной воды желаемой минерализации. Так, если полученный концентрат (рапу) развести 39-40 - кратно пресной водой, то можно получить минерализацию, аналогичную воде источника №11 курорта «Старая Русса», которая используется для ванн и питьевого лечения при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, желчного пузыря.

Ценность полученного продукта предполагает следующее: если 99 литров пресной воды разбавлять 1 литром рассола, то минерализация будет составлять 4,5 г/дм³, с содержанием йода 5 мг/дм³, брома 3 мг/дм³, тип воды при этом будет йодный среднеминерализованный.

В табл.2. приведены примеры получения лечебного йодного напитка «Узбекистан» путем разведения концентрата (рапы) в 5000 раз водопроводной или «Ташкентской» минеральной водой. Химические анализы разведенного концентрата также проведены на базе контрольной химической лаборатории ГП «Институт ГИДРОИНГЕО».

Таблица 2

Получение лечебного йодного напитка «Узбекистан»

Состав и показатели минеральных вод	Высококонцентрированная вода (рапа)	Искусственный лечебный йодный напиток «Узбекистан»	
		Полученный из рапы при разбавлении в 5000 раз водопроводной водой	Полученный из рапы при разбавлении в 5000 раз «Ташкентской» минеральной водой
Na ⁺	28 670 мг/дм ³	6 мг/дм ³	218 мг/дм ³
K ⁺	14 077 мг/дм ³	2 мг/дм ³	8 мг/дм ³
Ca ²⁺	71 600 мг/дм ³	50 мг/дм ³	92 мг/дм ³
Mg ²⁺	31 008 мг/дм ³	21 мг/дм ³	29 мг/дм ³
Fe ²⁺	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен
Fe ³⁺	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен
HCO ₃ ⁻	71 мг/дм ³	122 мг/дм ³	409 мг/дм ³
SO ₄ ²⁻	103 мг/дм ³	30 мг/дм ³	143 мг/дм ³
Cl ⁻	290 249 мг/дм ³	66 мг/дм ³	248 мг/дм ³
I ⁻	472 мг/дм ³	0,4 мг/ дм ³	0,6 мг/дм ³
Br ⁻	321 мг/дм ³	0,2 мг/ дм ³	0,3 мг/дм ³
жесткость	8 400 (общ)	4,2	7,0
pH	4,78	7,46	5,8
CO ₂ (свобод)	638	2	газир.
сухой остаток	452 600 мг/дм ³	256 мг/дм ³	990 мг/дм ³

Выполнен анализ получения и использования концентрата (рапы). По ходу исследований свойств кристаллообразования наблюдалось расслоение концентратов по мере перенасыщения растворов: разделение по фракциям, удобное для получения определенной группы солей микроэлементов.

Предложенный и обоснованный способ концентрирования минеральных вод позволил использовать продукцию для получения новых продуктов специального назначения, называемых БАД (биологически активные добавки).

Анализ разбавленных минерализованных вод (до питьевого уровня) на предмет определения элементного состава был выполнен в Республиканском Центре Судебной Экспертизы, в Гидрохимлаборатории ГП «Института ГИДРОИНГЕО» и в ЧП «ANALYST K» Институт прикладной физики НУ РУз, который показал отсутствие вредных веществ и нормированное количество ионов йода.

В четвертой главе выполнены расчеты эффективности предлагаемых мини - установок по концентрированию солей минеральных вод. Научно-техническими предпосылками для расчетов служат полученные нами результаты анализа исследований.

Составляющие экономического эффекта разделены на фактические (внедренные) и ожидаемые. Фактически внедренные результаты по концентрированию растворов солей подземных минеральных вод в СП «Кемтош» и ООО «Йод-шифо» составляют: 12 млн. сум в год.

Приведены технические данные для мини-установок, расчет эффективности которых выполнен на основе полученных результатов и сравнительного анализа. Техничко-экономические расчеты проведены с учетом региональных особенностей и выпускаемого промышленностью оборудования. Выполнены расчеты эффективности процесса обезвоживания при использовании местных материалов, геотермальных вод и акустических волн.

Проведен анализ энергопотребления производством и объема загрязнения окружающей среды и связанных с этим ограничений на выбросы в атмосферу окислов углерода. Реализация предлагаемых способов получения концентрата, а также использование возобновляемых источников энергии способствует повышению уровня экологичности оборудования. Получаемая при безотходном концентрировании минеральных вод конечная продукция отличается экологической чистотой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнено теоретическое и экспериментальное исследование, посвященное изучению закономерностей технологического процесса разделения жидких сред на фракции; рассмотрены особенности наиболее распространенных способов концентрирования растворов, методов, а также проведен аналитический обзор научных работ, посвященных проблемам концентрирования, опреснения и вакуум - выпаривания.

2. Изучен рост кристаллов на стенках капилляров из растворенных солей с концентрацией n с точкой насыщения растворенных веществ n^* капиллярно - пористой структуры.

Показано, что характер роста концентрации n при увеличении доли

взвешенных кристаллических частиц в растворе зависит не только от коэффициента растворения (роста кристаллов), но и от топологии кристаллов и от точки насыщения растворенных веществ n^* , с учетом условия $n - n^*/n^* \ll 1$.

Получены конкретные формулы для кинетики роста вокруг точки перенасыщения растворенных солей. В частности, для солей имеющих кубическую структуру выявлено появление взаимозависимости скорости роста кристаллов от объемной плотности числа кристаллов и от самих размеров кристаллов.

3. Изучены закономерности появления пузырьков при низких давлениях p внутри камеры выпаривания, где пузырьки за время t схлопываются, создают шум с частотой ν (то есть акустические волны), процесс выпаривания ускоряется.

4. Предложено теплообменное устройство для обработки жидких веществ и проведен анализ его преимуществ и недостатков. Наклон распределителей теплоносителя под углом 30° к радиальной оси и скос труб отвода и подвода на 45° улучшил условия теплопередачи.

5. На основе анализа существующих способов переработки «жидкой руды» предложен способ концентрирования минеральных вод и выполнено экспериментальное исследование. Определен технологический режим получения и использования концентрата. При исследовании процесса кристаллообразования наблюдалось расслоение концентратов по мере перенасыщения растворов: разделение по фракциям, удобное для получения определенной группы солей микроэлементов.

6. Обоснован способ концентрирования минеральных вод, позволяющий использовать получаемую продукцию для производства новых функциональных продуктов специального назначения. Составлена технологическая схема производства.

7. Обосновано использование йодобромного концентрата в качестве БАД (минеральная биологическая активная добавка) путем разбавления в питьевой воде в определенной пропорции для получения рекомендуемой минерализации йодом 30-80 мкг/л.

8. Выполнен расчет узлов бароконденсатора (тарелки) и результаты (форма тарелки, установка шипов) применены в производственном цикле, что позволило уменьшить время цикла на 10 %.

9. Выполнены расчеты эффективности предлагаемых мини - установок по концентрированию минеральных вод при использовании местных материалов, геотермальных вод. Ожидаемый экономический эффект от реализации разработок диссертации составляет 59,795 млн. сумов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Маматкулов М., Умартаев А.М., Фахрутдинов Р.Р., Омонов И.И., Некоторые поверхностные явления в жидкостях, находящихся в выпарной системе при получении концентратов //Вестник ТашГТУ, 2003. №4. -С. 85-90.
2. Умартаев А.М, Норкулова К.Т., Маматкулов М. Исследование сушки сельхозпродукции с учетом образований твердых фаз //Вестник ТашГТУ, 2004, №4. -С. 80-85.
3. Умартаев А.М. Опреснение соленых вод с использованием солнечной энергии и суточных колебаний температур //Вестник ТашГТУ, 2005. №1. -С. 161-164.
4. Умартаев А.М. Увеличение эффективности испарения конденсата с поверхности объекта сушки с использованием акустических волн //Вестник ТашГТУ, 2005. №2. -С. 87-94
5. Умартаев А.М., Маматкулов А. Рост отдельных видов энергопотребления в соответствии с внешними ограничениями //Вестник ТашГТУ, 2005. №3. -С. 97-101.
6. Норкулова К.Т., Умартаев А.М. Маҳаллий геотермал сув манбалари асосида янги хусусиятларга эга бўлган сув ва концентратлар ишлаб чиқариш //Композицион материаллар. –Тошкент, 2005. №3. -С. 67-69.
7. Умартаев А.М. Энергоподача, сохраняющая качество обезвоживаемых объектов //Вестник ТашГТУ, спец. вып. 2005. -С. 269-272.
8. Умартаев А.М., Норкулова К.Т. Новые конструкции тарелок бароконденсатора //Вестник ТашГТУ, 2006. №1. -С. 75-80.
9. Норкулова К.Т., Маматкулов М, Бозоров О, Умартаев А.М. Появление донного слоя солей в процессе опреснения соленых вод //Вестник ТашГТУ, 2006. №2. -С. 70-72.
10. Умартаев А.М. Усиление и отражение нелинейных колебаний и волн в активных средах //Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув, 2007, №3. -С. 16-19.
11. Норкулова К.Т., Умартаев А.М., Маматкулов М.М. Снижение себестоимости опреснителя за счет новых конструкций вакуум-выпарных камер //Вестник ТашГТУ, 2007, №3. - С. 95-98.
12. Норкулова К.Т., Бозоров О.Ш., Умартаев А.М., Маматкулов М.М. Гидродинамические ловушки для взвешенных частиц солей //Вестник ТашГТУ, 2007, №4. С. 76-80.
13. Умартаев А.М. Исследование процесса концентрирования подземных минеральных вод //Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув, 2008, №5. С. 18-20.
14. Норкулова К.Т., Умаров В.Ф., Умартаев А.М. Использование минеральных концентратов для обеззараживания воды //Техносфера, инсон ва микроэлементлар: Республика илмий-амалий анжумани: Тезислар тўплами. - Тошкент, 2004. -35-36 б.

15. Норкулова К.Т., Умаров В.Ф., Умартаев А.М. Минеральные вещества в пищевых продуктах и технология их сушки /International conference. «XX th centry in the History of Central Asia», “Topical Problems of Natural Sciences Today”. Tashkent, 2004. -P.P. 35-36.

16. Umartaev A.M., Mamatkulov M., Umarov V.F. New Features of Agricultural Products Drying process. /The 2nd Int’I Joint Conference of Korean Association of Logos Management, The Social Science Institute of Yeungnam University, and Istedod Foundation of the President of the Republic of Uzbekistan in 2004. -p.p. 281-283.

17. Норкулова К.Т., Умартаев А.М. О некоторых механических способах, улучшающих теплообмен в барометрических камерах //Международная научная конференция «Актуальные проблемы механики и машиностроения», II том. -Алматы, 2005. -С 120-123.

18. Умартаев А.М., Фахрутдинов Р.Р. Синергетический подход к проблеме устранения микроэлементоза населения, фауны и флоры //Материалы конференции: VII Международный форум «Высокие технологии XXI века» -М., 2006. -С. 411-414.

19. Норкулова К.Т., Умартаев А.М. Маҳаллий хусусиятлардан технологик жараёнларда фойдаланиш. «Кимёвий ишлаб чиқаришларнинг замановий машина ва аппаратлари» I-Республика илмий – техника анжумани. Фарғона: Техника. 2006. 44-45 б.

20. Норкулова К.Т., Умартаев А.М., Маматкулов М.М. Многокаскадные опреснители и их экономическая эффективность //Международная научно-техническая конференция «Современные состояние и перспективы развития энергетики» -Ташкент, 2006. -С. 315-316.

21. Умартаев А.М., Маматкулов М. Использование микрогидродинамических свойств в процессах концентрирования жидких растворов //Республиканская научно-техническая конференция «Интеграция образования науки и производства в машиностроительной отрасли». -Ташкент, 2006. -С. 188-191.

22. Умартаев А.М., Умаров У.В. Вопросы экологии в безотходных мини-технологиях переработки продукции //Международная научно-практическая конференция «Инновация - 2007» -Ташкент. 2007. -С.413-414.

23. Бозоров О.Ш., Умартаев А.М. Бароконденсацияни такомиллаштириб самарадорликни ошириш //Международная научно-практическая конференция «Инновация - 2007» -Ташкент. 2007. -С.160-161.

24. Норкулова К.Т., Маматкулов М.М. Умартаев А.М. Сепарация солей в растворах с помощью выпаривания влаги //IX Международный Форум «Высокие технологии XXI веке». //Труды 2-ой Межд. научно-техн.конф. –М., 2008. С. 53-56.

25. Умартаев А.М. Ичимлик сув олиш қурилмалари техник ва иқтисодий самарадорлигининг ўзига хос хусусиятлари //Международная научно-практическая конференция «Инновация - 2008» -Ташкент. 2008. С.384-386.

26. Умаратов А.М. Концентрирование минеральных вод с помощью мини-установки //Республиканская научно-практическая конференция «Экологически чистые ресурсосберегающие технологии выращивания, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» -Ташкент, 2009. С. 251-253.

27. Умаратов А.М. Изучение роста кристаллов солей мелкоговодёма //Международная научная конференция «Ломоносов – 2010». –Ташкент. 2010. С.51-54.

28. Умартаев А.М. Обогащение жидкой минеральной среды //Международная научно-техническая конференция «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли пути их развития» -Навои. 2010. С.155-156.

29. Патент UZ IAP № 03854. Контактное теплообменное устройство для обработки жидких веществ /Жалилов Т.К., Норкулова К.Т., Маматкулов М., Умаратаев А.М. /Бюл. -2009. -№1.

Соискатель:

РЕЗЮМЕ

диссертации Умартаева А.М. на тему: «Совершенствование процесса концентрирования солей подземных минеральных вод» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

Ключевые слова: соль, кристалл, вода, вакуум, тепло, энергия, мощность, плотность, давление, скорость, испаритель, теплообменник, вакуум-насос, циркуляция, тепломассообмен, биодобавки.

Объекты исследования: В качестве объектов исследования рассматриваются подземные минеральные воды, содержащие эссенциальные микроэлементы, которые в результате переработки используются как функциональные продукты и технологические процессы их концентрирования.

Цель работы: Изучение процесса концентрирования подземных минеральных вод и разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии переработки продукции.

Методы исследования: Аналитические и экспериментальные методы исследования процессов обезвоживания, математическое моделирование и оптимизация технологических процессов.

Полученные результаты и их новизна: Получены и подтверждены экспериментами теоретические результаты, касающиеся роста кристаллов в процессе концентрирования; разработан новый тип контактного теплообменного устройства для обработки жидких веществ; разработан новый тип бароконденсатора для ускорения тепломассообмена; проведено концентрирование жидких сред с использованием новых технологий; предложено использовать полученные концентраты минеральных вод в бальнеологии, для обеззараживания вод, при розливе питьевых вод и консервировании.

Практическая значимость: Получены концентраты минеральных вод с использованием новых технологий; предложенное теплообменное устройство может быть использовано в пищевой, химической и других отраслях промышленности при обработке жидких веществ, а также в установках, оснащенных теплообменными контактными устройствами, в частности, в установках для выпаривания; полученные концентраты минеральных солей можно использовать в бальнеологии, розливе питьевых вод, при консервировании.

Степень внедрения и экономическая эффективность:

Полученные результаты внедрены на экспериментальном оборудовании в г. Чартак. Получена высококонцентрированная минерализованная вода с минерализацией до 450 г/л, которая под маркой «Йод-шифо» используется для бальнеологических целей. Ведутся работы по добавлению концентратов в пищевую продукцию. Контактное теплообменное устройство рекомендовано к применению в новых системах концентрирования минеральных вод. Ожидаемый экономический эффект составил 59,795 млн. сум в год.

Область применения: Пищевая и перерабатывающая промышленность, переработка подземных минеральных вод

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор **Умартаев Акмалжон Махаматович**нинг 05.18.12 – озиқ-овқат саноати жараёнлари ва аппаратлари ихтисослиги бўйича «**Ерости минерал сувларидаги тузларни концентрациялаш жараёнини такомиллаштириш**» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Калит сўзлар: Туз, кристалл, сув, вакуум, иссиқлик, энергия, қувват, зичлик, босим, тезлик, буғлатгич, иссиқлик алмаштиргич, вакуум-насос, циркуляция, иссиқлик ва масса алмашинуви, биоқўшимчалар.

Тадқиқот объектлари: Эссенциал микроэлементлари мавжуд ва қайта ишлаш натижасида функционал маҳсулот сифатида фойдаланиладиган ерости минерал сувлари ҳамда шу сувларни қуюлтиришнинг технологик жараёнлари.

Ишнинг мақсади: Ерости минерал сувларини қуюлтириш жараёнларини ўрганиш ва маҳсулотни қайта ишлашнинг энергия ва рурсурларни иқтисод қилувчи технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот усули: Сувсизлантириш жараёнларини ўрганишнинг аналитик ва экспериментал усуллари, математик моделлаштириш ва қуюлтиришнинг технологик жараёнларни оптималлаштириш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Қуюлтириш жараёнида кристалларнинг ўсишига доир назарий натижалар олинди ва улар тажриба текширувлари орқали тасдиқланди; янги турдаги контактли иссиқлик алмаштиргич қурилма ишлаб чиқилди; иссиқликмассаалмашинувни тезлатиш учун янги турдаги бароконденсатор ишлаб чиқилди; янги технологиялардан фойдаланиб суюқ мухитлар қуюлтирилди; минерал сувлардан олинган концентратларни бальнеологияда, сувларни зарарсизлантиришда, ичимлик сувларни қуйиш ва консервалашда фойдаланиш таклиф этилди.

Амалий аҳамияти. Янги технологиялар қўлланилиб, минерал сувларнинг концентратлари олинди; таклиф этилган иссиқлик алмашилиш қурилмаси озиқ-овқат, кимё саноати ва саноатнинг бошқа тармоқларида суюқликларни қайта ишлашда, шунингдек контактли иссиқлик алмаштиргичли қурилмаларда, жумладан буғлантириш қурилмаларида қўлланилиши мумкин; минерал тузларнинг концентратлари айрим кимёвий элементларни саноат миқёсида олиш имконини беради; минерал тузларнинг концентратлари бальнеологияда, сувларни зарарсизлантиришда, ичимлик сувларни қуйишда ва консервалашда фойдаланилиши мумкин.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Олинган натижалар Чортоқ шаҳридаги ТУЗ-2 тажриба қурилмасида жорий этилган. Минерализация даражаси 450 г/л бўлган юқори концентрацияли минерал сув олинди ва «Йод-шифо» номи билан бальнеологик мақсадларда фойдаланилмоқда. Ушбу концентратни озиқ-овқат маҳсулотларига қўшиш борасида иш олиб борилмоқда. Контактли иссиқлик алмашилиш қурилмаси минерал сувларни қуйилтиришнинг янги тизимларида қўллаш учун тавсия этилди. Қутилаётган иқтисодий самародоллик йилига 59,795 млн. сўмни ташкил этди.

Қўлланилиш соҳаси: Озиқ-овқат ва қайта ишлаш саноати, ерости минерал сувларини қайта ишлаш.

RESUME
of Akmal Mahamadovich Umartaev's dissertation work
“Perfection of the process of underground mineral waters salts
concentration technology” for obtaining the research degree of a Candidate of
technical sciences specialty 05.18.12 –Processes and apparatus of food
industry

Key words: salt, crystal, water, vacuum, heat, energy, capacity, density, pressure, speed, evaporator, heat exchanger, vacuum-pump, circulation, heat-mass exchange, bio-additives.

Subject of research: as the objects of research the underground mineral waters with essential trace elements used as functional products and technological processes of mineral waters concentration after treatment are considered.

Purpose of work: study of process of underground mineral waters concentration and development of energy- and resource-saving technology.

Methods of research: analytical and experimental methods of research of dehydration processes, mathematical modeling and optimization of technological processes.

The results obtained and their novelty: theoretical and practical results concerning impact of acoustic waves on technological processes of dehydration are received; a new type contact heat exchange device for processing liquid substances is developed; a new type of bar-condenser for speeding up of heat mass exchange is developed; a liquid substance dehydration with use of new technologies is carried out; it is recommended to use the received concentrates of mineral waters in balneology, for water disinfecting, in draught of potable water and conservation.

Practical value: the concentrates of mineral waters with use of new technologies are received; recommended heat exchange device can be used in food, chemical and other industrial branches while liquid substances' treatment, as well as for installations equipped by heat exchange contact devices, in particular, for evaporating installations; the received mineral salts' concentrates can be used in balneology, in draught of potable water and conservation.

Degree of embedding and economic efficiency: the received results are introduced on experimental equipment in Chartak-city. The received highly concentrated mineralized water with mineralization degree to 450g/l is used under trade mark “Iod-Shifo” in balneology. A research in adding the concentrates in food industry is being done. The contact heat exchanger is suggested to use in new systems of mineral waters concentration. Expected economical effect is 59.795 million sums annually.

Field of application: food and processing industry and treatment of underground mineral waters.